

61352-063
TOSHIYASU
November 28, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 8 日
Date of Application:

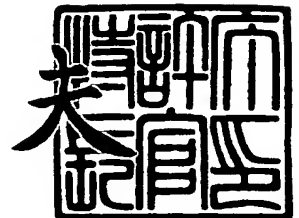
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 5 6 7 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 4 5 6 7 9]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 5 8 7 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 2036440154

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G09F 9/37
G02F 1/167

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 大植 利泰

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 山北 裕文

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100065868

【弁理士】

【氏名又は名称】 角田 嘉宏

【電話番号】 078-321-8822

【選任した代理人】

【識別番号】 100088960

【弁理士】

【氏名又は名称】 高石 ▲さとり▼

【電話番号】 078-321-8822

【選任した代理人】

【識別番号】 100106242

【弁理士】

【氏名又は名称】 古川 安航

【電話番号】 078-321-8822

【選任した代理人】

【識別番号】 100110951

【弁理士】

【氏名又は名称】 西谷 俊男

【電話番号】 078-321-8822

【選任した代理人】

【識別番号】 100114834

【弁理士】

【氏名又は名称】 幅 慶司

【電話番号】 078-321-8822

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006220

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101410

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表示装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも一方が透明である対向する一对の基板間に形成された空間中に内在する少なくとも 1 種類の複数の帯電着色粒子が、前記空間内に配設された一对の電極間に印加される画像信号電圧により与えられる電界によって前記電極間を移動することにより画像信号電圧に応じた画像を表示する表示装置であって、

前記空間を絵素毎に区画する隔壁と、

電圧印加手段に接続され前記絵素毎に前記基板内面に配設された基板側電極と

、
前記絵素毎に前記隔壁に配設され、電圧印加手段に接続された隔壁側電極とを
備え、

少なくとも前記基板側電極に画像信号電圧が印加されて表示が行われることを
特徴とする表示装置。

【請求項 2】 前記空間が気相空間である請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 3】 前記基板側電極に電圧が印加されて生じる電界、及び、前記
隔壁側電極に電圧が印加されて生じる電界の少なくとも一方が、交番電界である
請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 4】 前記基板側電極は基板側に配置された対になった電極を含み

、
前記基板側電極は、画像信号電圧を前記基板側電極に印加する第 1 の電圧印加
手段に接続され、

前記隔壁側電極は、前記帯電粒子の前記隔壁への付着を防止する電界を与える
電圧を前記隔壁側電極に印加する第 2 の電圧印手段に接続された請求項 1 記載の
表示装置。

【請求項 5】 1 つの電源を用いて前記第 1 の電圧印加手段と前記第 2 の電
圧印加手段とが構成された請求項 4 記載の表示装置。

【請求項 6】 前記第 1 の電圧印加手段と前記第 2 の電圧印加手段とが別個

の電源を含んで構成された請求項 4 記載の表示装置。

【請求項 7】 前記隔壁側電極が、前記基板側電極の少なくとも一方の電極と電氣的に接続された請求項 4 記載の表示装置。

【請求項 8】 前記空間に 1 種類の帯電着色粒子が内在するとともに、
前記基板側電極又は前記隔壁電極の近傍に前記粒子と異なる色を呈した着色層が配設され、

画像信号電圧を前記基板側電極と前記隔壁側電極との間に印加する電圧印加手段が配設された請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 9】 前記表示装置の各絵素の表示は、少なくとも第 1 及び第 2 の表示状態を含み、

前記第 1 の表示状態では、前記帯電粒子が前記着色面を覆い、

前記第 2 の表示状態では、前記帯電粒子が前記隔壁側電極に移動して前記着色面を露出させる請求項 8 記載の表示装置。

【請求項 10】 前記隔壁側電極に印加される電圧及び前記基板側電極に印加される電圧の少なくとも一方が、直流電圧と、前記直流電圧よりも小さな矩形波の交流電圧とを重畳して構成された請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 11】 前記隔壁が前記隔壁側電極を兼ねる請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 12】 前記隔壁は、平面視において六角形状に前記絵素を区画する請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 13】 前記帯電着色粒子のうちの少なくとも 1 種類が、多孔質粒子である請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 14】 前記帯電着色粒子のうちの少なくとも 1 種類が、芯体粒子と、前記芯体粒子の直径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下程度の直径を有する微小粒子とから構成される複合粒子である請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 15】 請求項 1 記載の表示装置の製造方法であって、
前記空間に、少なくとも 1 種類の複数の帯電着色粒子を封入し、前記封入後、
少なくとも前記基板側電極に交流電圧を印加して前記空間内に交番電界を発生させることを特徴とする表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【 0 0 0 1 】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、対向する一对の基板間で着色粒子を移動させて表示を行う表示素子を備えた、繰り返し書き換えが可能な表示装置及びその製造方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】**【従来の技術】**

従来、携帯情報端末に用いられるような薄型・低消費電力の表示素子として、ツイストネマティック液晶（以下、TN液晶と呼ぶ）表示素子や、有機エレクトロルミネッセンス（以下、有機ELと呼ぶ）素子などが知られている。TN液晶表示素子では、電圧が印加されている時にのみ液晶層中の液晶分子の配向状態が変化し、それにより、液晶層を透過する光の透過率が制御されて表示が行われる。それゆえ、表示のための動作電力が恒常的に必要であり、無電力状態では画像を表示することは出来ない。また、有機EL素子は、電流あるいは電圧を印加した状態で生じる発光を利用して画像を表示するため、TN液晶表示素子と同様に、無電力状態では表示できない。

【 0 0 0 3 】

一方、以前より、表示の書き換え時にのみ電圧あるいは電流を必要とし、一度書き込んだ表示画像は、再度画像の書き換えを行うまで無電力状態でも保持されるという特性を有する表示素子が提案・提案されている。このような素子は、上述のTN液晶表示素子や有機EL素子とは異なり、画像保持に電力を必要としないので、使用電力の大幅な低減が可能になる。また、書き換え装置と、表示パネルたる表示素子とを取り外し可能な構成とすることによって、駆動回路を必要としない薄型・軽量でかつフレキシブル性を有する表示素子を実現することができる。このような素子は、携帯機器に有効である。

【 0 0 0 4 】

これらの素子における表示方式には、主に微小粒子を用いた方式と、溶液などの電気化学あるいは光化学反応を利用した方式と、電気機械的作用による反射光

制御方式とに大別することができる。

【0005】

微小粒子を用いた表示方式の素子の一例として、一对の電極を配設した一对の基板間に満たした着色溶液内に帯電した着色微小粒子を分散させた系に、電界を与えて前記粒子を溶液中で泳動させること（電気泳動現象）により表示を行う表示素子が研究されている。かかる表示素子では、例えば、2種類の粒子のうち、負極性の粒子が正極側に泳動するとともに正極性の粒子が負極側に泳動することで、二色表示を行う構成のものがある。また、他の構成として、着色溶液中の着色粒子を極性に応じて泳動させ、観察者側に粒子が移動したときには粒子の色が観察され、一方、粒子が観察と反対側に移動したときには、着色溶液の色が観察されるという構成もある。また、さらに他の構成として、2種類以上の着色粒子と着色溶液とを用いることにより、多色表示を行う構成も考えられる。

【0006】

また、上記の電気泳動の原理を用いた他の構成には、例えば、一方の透明基板面に、幅の狭い線状の細線電極と幅の広い板状電極とを形成し、前記細線電極上に帯電粒子を付着させて集めた状態と、前記板状電極上に帯電粒子を付着させて分散させた状態とを制御することにより、多色表示する表示方式がある。また、少なくとも二色に塗り分けられた球状あるいは円筒状粒子を、電界により回転させることによって多色表示する、ツイストボール方式と呼ばれる表示方式もある。

【0007】

上記のように溶液中において粒子を泳動させて表示を行う表示素子では、粒子の泳動速度が溶液の粘性の影響を受ける。すなわち、粘性の大きな溶液中を粒子が移動する場合には、粒子の泳動速度が遅くなるため、素子の表示速度（応答速度）が遅くなる。そこで、溶液中に比べて粒子の移動速度が速い気相中において粒子を移動させる方式が提案されている。これは、少なくとも1種類の帯電着色粒子を気相中に分散させ、該粒子を、気相中に与えた電界のクーロン力により、逆極性電極間で移動させるものである。気相中では、液相中における場合のような移動媒体の粘性抵抗が存在しないため、粒子の移動速度が速くなる。このため

、表示速度が速くなり、高速応答が可能となる。このように気相中で粒子を移動させる方式では、帯電した導電性のトナー粒子と帯電していない絶縁性粒子とを用い、帯電粒子をクーロン力によって移動させる構成のもの（例えば、特許文献 1 参照。）や、帯電特性の異なる 2 種類の粒子を用いてこれらの粒子をクーロン力によって移動させる構成のもの（例えば、特許文献 2 参照。）がある。

【 0 0 0 8 】**【特許文献 1】**

特開 2 0 0 0 - 3 4 7 4 8 3 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 1 - 3 1 2 2 2 5 号公報

【 0 0 0 9 】**【発明が解決しようとする課題】**

上記のように液相中及び気相中で粒子を移動させて表示を行う表示素子では、粒子の移動空間となる間隙が必要となる。このような間隙は、間隙保持部材たるスペーサによって、対向配置された一对の基板を支持することにより形成される。したがって、かかる構成では、粒子の移動空間がスペーサによって仕切られる、すなわち、スペーサが該空間内の隔壁となっている。このように隔壁で仕切られた空間において、粒子は、鏡像力などの力によって隔壁表面に付着したり、隔壁周辺で凝集を起こしたりする。このため、隔壁周辺では表示ムラが見られる。また、各絵素の該空間内に粒子を封入して分散させる際には、帯電特性の異なる粒子間で静電気力による凝集が起こり、また、粒子間でファンデルワールス力による凝集が起こるため、粒子の分散が不均一となりムラが観察される。このような粒子の分散ムラは、表示ムラを発生させる。

【 0 0 1 0 】

さらに、粒子を逆極性電極間で移動させる際には、電圧印加により与えられた電界のクーロン力が、一方の電極に付着した粒子と該電極との付着力（具体的には、ファンデルワールス力や鏡像力）よりも大きくならなければ、該電極から粒子を引き離して他方の電極へ移動させることができない。このため、非常に大きな動作電圧が必要である。

【0011】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、表示ムラを防止するとともに動作電圧の低減化が図られた表示装置及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0012】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明に係る表示装置は、少なくとも一方が透明である対向する一对の基板間に形成された空間中に内在する少なくとも1種類の複数の帯電着色粒子が、前記空間内に配設された一对の電極間に印加される画像信号電圧により与えられる電界によって前記電極間を移動することにより画像信号に応じた画像を表示する表示装置であって、前記空間を絵素毎に区画する隔壁と、電圧印加手段に接続され前記絵素毎に前記基板内面に配置された基板側電極と、前記絵素毎に前記隔壁に配設され、電圧印加手段に接続された隔壁側電極とを備え、少なくとも前記基板側電極に画像信号電圧が印加されて表示が行われるものである（請求項1）。

【0013】

かかる構成によれば、隣接する絵素間において、該空間が隔壁によって区画されているため、一絵素に内在する着色粒子の総量を常に一定に保つことが可能となり、特定の絵素に着色粒子が集中するのを防止することが可能となる。したがって、表示装置の表示面内における表示ムラを防止することが可能となる。なお、ここで、粒子が内在するとは、粒子が密閉空間内に封入された状態のことである。

【0014】

また、かかる構成では、基板側電極に電圧が印加されることにより発生する電界と、隔壁側電極に電圧が印加されることにより発生する電界とを得ることができる。このため、各電極への印加電圧を制御してこれらの電界分布を制御することにより、空間内における着色粒子の移動を制御することが可能となる。それにより、表示ムラの低減化が図れた良好な表示を行うことが可能となるとともに、動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 1 5 】

前記空間が気相空間であってもよい（請求項 2）。

【 0 0 1 6 】

かかる構成によれば、気相中を着色粒子が移動するため、液相中を粒子が移動する場合のように粒子の移動速度が溶液の粘性の影響を受けることはなく、よって、液相中を粒子が移動する場合に比べて、粒子の移動速度の向上が図られる。したがって、表示装置の応答速度の向上を図ることが可能になる。また、粒子が気相空間中を移動する構成では、液相空間を移動させる場合に比べて、粒子を移動させる際の閾値電圧が高くなる。このため、クロストーク電圧等によって粒子が移動するのを防止することが可能となる。それゆえ、クロストーク電圧の問題ゆえに粒子を液相空間中で移動させる構成では実現が困難であったパッシブマトリクス駆動型のものも、かかる構成では容易に実現可能となる。

【 0 0 1 7 】

前記基板側電極に電圧が印加されて生じる電界及び前記隔壁側電極に電圧が印加されて生じる電界の少なくとも一方が、交番電界であってもよい（請求項 3）。

【 0 0 1 8 】

かかる構成によれば、交番電界を与えることにより、空間内における粒子の移動方向を変化させることが可能となる。そして、粒子の移動方向を変化させることにより、表示状態を変化させて画像の書き換えを行うことが可能となる。

【 0 0 1 9 】

前記基板側電極は基板側に配置された対になった電極を含み、前記基板側電極は、画像信号電圧を前記基板側電極に印加する第 1 の電圧印加手段に接続され、前記隔壁側電極は、前記帯電粒子の前記隔壁への付着を防止する電界を与える電圧を前記隔壁側電極に印加する第 2 の電圧印手段に接続されてもよい（請求項 4）。

【 0 0 2 0 】

かかる構成によれば、隔壁側電極に印加された電圧によって生じた電界により、鏡像力等により隔壁へ付着した着色粒子を除去することができるとともに、該

隔壁への付着、及び、該付着に伴う粒子の凝集・分離を防止することが可能となる。例えば、鏡像力やファンデルワールス力等によって隔壁表面に付着した粒子は、隔壁側電極に印加された電圧により生じた電界で隔壁側電極が該粒子と逆極性となるために、隔壁側電極と反発し、隔壁から容易に剥離する。この剥離した粒子は、基板側電極に印加された電圧によって生じた電界により、基板側電極間を移動し、表示に関与する。また、粒子の隔壁への付着を防止することによって、粒子の凝集や分離を抑制することができる。したがって、かかる構成では、着色粒子を表示に有効に利用することが可能となり、それにより、表示ムラの低減化を図ることが可能となる。

【0021】

1つの電源を用いて前記第1の電圧印加手段と前記第2の電圧印加手段とが構成されてもよく（請求項5）、前記第1の電圧印加手段と前記第2の電圧印加手段とが別個の電源を含んで構成されてもよい（請求項6）。

【0022】

かかる構成において、特に、前記第1及び第2の電圧印加手段が同一の電源を含んで構成されると、表示装置の省電力化及び省スペース化を図ることが可能となる。

【0023】

前記隔壁側電極が、前記基板側電極の少なくとも一方の電極と電気的に接続されてもよい（請求項7）。

【0024】

かかる構成では、基板側電極と隔壁側電極との間に、一对の基板側電極間に印加される電圧と同じ大きさの電圧を印加して電界を発生させることができ、この電界を用いて隔壁への着色粒子の付着を防止することが可能となる。このように、かかる構成によれば、例えばスイッチング素子等により電圧印加系路の切り替えを行うことにより、基板側電極間に印加される電圧を、基板側電極と隔壁側電極との間に印加される電圧として利用することが可能となる。したがって、印加電圧を一定に保った状態で、基板側電極間での粒子の移動と、隔壁からの粒子の除去とを行うことが可能となり、粒子移動のための電圧と粒子除去のための電圧

とを別途印加する必要がなくなる。このため、表示装置の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【0025】

前記空間に1種類の帯電着色粒子が内在するとともに、前記基板側電極又は前記隔壁側電極の近傍に前記粒子と異なる色を呈した着色面が配設され、画像信号電圧を前記基板側電極と前記隔壁側電極との間に印加する電圧印加手段が配設されてもよい（請求項8）。また、かかる構成において、前記表示装置の各絵素の表示は、少なくとも第1及び第2の表示状態を含み、前記第1の表示状態では、前記粒子が前記着色面を覆い、前記第2の表示状態では、前記粒子が前記隔壁側電極に移動して前記着色面を露出させてもよい（請求項9）。

【0026】

かかる構成によれば、粒子が着色面を覆うことにより、帯電粒子の色に基づく表示が行われ、一方、帯電粒子が着色面から除去されて隔壁側電極に付着し着色層が露出することにより、着色面の色に基づく表示が行われる。ここでは、空間を移動する粒子が1種類であるため、複数種類の粒子を用いる場合のように衝突等により粒子同士が互いに移動の妨げになることはなく、また、極性の異なる粒子同士が凝集することもない。このため、速やかに効率よく粒子を移動させることが可能となり、したがって、表示の応答速度の向上が図れるとともに、動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【0027】

前記隔壁側電極に印加される電圧及び前記基板側電極に印加される電圧の少なくとも一方が、直流電圧と、前記直流電圧よりも小さな矩形波の交流電圧とを重畳して構成されてもよい（請求項10）。

【0028】

かかる構成においては、印加された矩形波の交流電圧により、隔壁側又は基板側に付着した粒子を微小振動運動させ、それにより、粒子の付着力（具体的には、粒子間相互の付着力と、粒子と隔壁又は基板との付着力）を弱める。そして、印加された直流電圧により、前記弱まった粒子の付着力よりも大きなクーロン力を与えて粒子を付着対象物から引き離し、粒子と逆極性側へ移動させる。このよ

うに、かかる構成では、交流電圧を印加することにより粒子の付着力を弱めることが可能となるため、直流電圧のみを印加する場合に比べて、粒子の移動のために要する直流電圧が小さくてよい。したがって、動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 2 9 】

前記隔壁が前記第隔壁側電極を兼ねてもよい（請求項 1 1）。

【 0 0 3 0 】

かかる構成によれば、隔壁と隔壁側電極とを別個に設ける必要がないため、製造が容易になるとともに、コストの低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 3 1 】

前記隔壁は、平面視において六角形状に前記絵素を区画してもよい（請求項 1 2）。

【 0 0 3 2 】

かかる構成によれば、表示装置前面（表示面）から力が加わった場合の強度が向上するとともに、絵素の最密配置が可能となる。

【 0 0 3 3 】

前記帯電粒子のうちの少なくとも 1 種類が、多孔質粒子であってもよい（請求項 1 3）。

【 0 0 3 4 】

一般に、粒子の付着力としては、液架橋力、ファンデルワールス力、静電気力等が挙げられる。このうち、液架橋力は、ある程度の乾燥状態を作ること防ぐことが可能である。一方、粒子間、あるいは粒子と付着対象物との間のファンデルワールス力や、粒子の静電気力に関しては、粒子自体の有する性質により決まるため、粒子の材料特性を考慮する必要がある。

【 0 0 3 5 】

そこで、粒子として多孔質粒子を用いる構成とすれば、各粒子の分子量が減るため、粒子間、及び、粒子と付着対象物間のファンデルワールス力の低減化を図ることが期待できる。これは、ファンデルワールス力が、粒子を構成する分子の間における引力を、粒子全体を構成する全ての分子に関して積分することで求め

られるものであり、本構成のように多孔性粒子とすれば、通常の粒子に比べて、前述の粒子全体に関する積分値が小さくなると期待されるからである。そして、ファンデルワールス力を低減することができれば、前記粒子の付着力の低減化を図ることが可能となる。その結果、粒子の移動が容易となり動作電圧の低減化が図られるとともに、隔壁へ粒子の付着を低減させることが可能となる。また、多孔性粒子は、軽量であるため粒子の沈降を遅らせることができ、それゆえ、粒子を付着対象物に完全には付着させずに浮遊した状態を実現することができる。このように浮遊した状態では、粒子を移動させる際に、付着力よりも大きなクーロン力を生じる電界を与えて粒子を付着対象物から引き離す必要がない。このため、さらに動作電圧の低減化を図ることが可能となるとともに、高速応答が可能となる。

【0036】

前記粒子群のうちの少なくとも1種類が、芯体粒子と、前記芯体粒子の直径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下程度の直径を有する微小粒子とから構成される複合粒子であってもよい（請求項14）。

【0037】

前述のファンデルワールス力は、粒子間の距離、及び、粒子と付着対象物との間の距離が大きくなるほど減衰し、該距離の二乗に反比例して急速に減衰する。したがって、芯体粒子に微小粒子が付着した構成とすれば、粒子の主体となる芯体粒子間、及び、該芯体粒子と付着対象物との間の距離を大きくすることができる。それゆえ、ファンデルワールス力の低減化を図ることができると期待される。ここで、微小粒子の大きさが小さすぎると、芯体粒子間及び芯体粒子と付着対象物との間の距離を大きくすることができない。また、微小粒子の大きさが大きすぎると、微小粒子間、及び、微小粒子と付着対象物との間の相互作用が増大する。それゆえ、微小粒子の径は上記範囲とすることが好ましい。このように粒子を複合粒子とすることによって、粒子間の相互作用、及び、粒子と付着対象物との間の相互作用を小さくすることができ、よって、隔壁への粒子の付着を抑制することが可能となるとともに、粒子の移動に必要な電界強度が低減されるので動作電圧の低減化を図ることが可能となる。さらに、粒子の移動性の向上によって

応答速度の向上が図られ、また、粒子充填率の向上も図られる。

【 0 0 3 8 】

本発明に係る表示装置の製造方法は、請求項 1 記載の表示装置の製造方法であって、前記空間に、少なくとも 1 種類の複数の帯電粒子を含む着色粒子を封入し、前記封入後、少なくとも前記基板側電極に交流電圧を印加して前記空間内に交番電界を発生させるものである（請求項 1 5）。

【 0 0 3 9 】

かかる構成によれば、空間内に発生した交番電界によって、空間内に封入された粒子を、絵素内に均一にムラなく分散させることが可能となる。それにより、表示ムラの発生を抑制することが可能となる。

【 0 0 4 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

（実施の形態 1）

図 1 は本発明の実施の形態 1 に係る表示装置の模式的な構成図である。また、図 2 は、図 1 の表示素子を構成する絵素の構成を示す模式図であり、図 2（a）は表示面に対し垂直な断面（以下、垂直断面と呼ぶ）を示し、図 2（b）は表示面に対し平行な断面（以下、水平断面と呼ぶ）を示している。

【 0 0 4 1 】

図 1 及び図 2 に示すように、表示装置は、表示部が表示パネルたる表示素子 7 0 から構成される。表示素子 7 0 は、図 2（a）に示すように、下側基板 6 と、該下側基板 6 と対向するように配置された上側基板 1 6 とを有し、該 T F T 基板 6 と上側基板 1 6 との間に形成された空間 1 7 に白色粒子 5 A 及び黒色粒子 5 B が封入されて構成されている。該空間 1 7 は、隔壁 3 により、各絵素 1 0 0 毎に区画されている。下側基板 6 の表面には、第 1 の電極 2 が配設されており、上側基板 1 6 の表面には、第 2 の電極 1 2 が配設されている。また、該隔壁 3 に沿って絵素 1 0 0 の周囲を囲むように、隔壁 3 の表面に第 3 の電極 4 が配設されている。

【 0 0 4 2 】

図示を省略しているが、下側基板 6 に配設された第 1 の電極 2 と上側基板 1 6 に配設された第 2 の電極 1 2 とは平面視において交差しており、該交差部に動作電圧が印加される。このように動作電圧が印加されて表示が行われる該交差部分が、表示素子 7 0 の構成単位である 1 つの絵素 1 0 0 に相当する。一方、第 1 の電極 2 と第 2 の電極 1 2 とが交差していない部分では、閾値よりも小さな電圧となるため、表示が行われない。表示素子 7 0 は、前述のように隔壁 3 によって各々区画された複数の絵素 1 0 0 が、マトリクス状に配列されて構成される。そして、第 1 の電極 2 は、表示素子 7 0 の横方向に連結されており、第 2 の電極 1 2 は、表示素子 7 0 の縦方向に連結されている。このように、本実施の形態の表示装置は、パッシブマトリクス駆動型である。

【0 0 4 3】

表示素子 7 0 の周囲部には、第 1 の電極 2 を駆動させるための第 1 電極ドライバ 8 2 が配設されるとともに、第 2 の電極 1 2 を駆動させるための第 2 電極ドライバ 8 1 が配設されている。さらに、該第 1 電極ドライバ 8 2 及び第 2 電極ドライバ 8 1 を外部入力信号に応じて制御する外部入力装置 8 0 が配設されている。このように構成された表示装置では、外部入力装置 8 0 が、外部から信号入力部 8 3 に入力された画像信号に応じて、第 1 電極ドライバ 8 2 及び第 2 の電極ドライバ 8 1 に対して制御信号をそれぞれ出力する。すると、第 1 電極ドライバ 8 2 が第 1 の電極 2 に対して所定の電圧を印加し、一方、第 2 電極ドライバ 8 1 が第 2 の電極 1 2 にそのタイミングに合わせて画像信号に応じた電圧を第 2 の電極 1 2 に印加する。それにより、後述するように、各絵素 1 0 0 において、下側基板 6 と上側基板 1 6 との間の空間 1 7 を黒色粒子 5 B が移動する。その結果、表示装置を観察する人の目に、画像信号に対応する画像が映る。

【0 0 4 4】

次に、図 1 の表示素子 7 0 の構成を、図 2 (a), (b) を参照しながら説明する。

【0 0 4 5】

図 2 (a) に示すように、絵素 1 0 0 は、下側基板 6 と上側基板 1 6 との間の空間 1 7 に、黒色粒子 5 B 及び白色粒子 5 A が封入されている。

【0046】

下側基板6は、第1の基板1を有する。第1の基板1は、厚さの厚いものであってもよく、ポリエチレンテレフタレート（PET）等の樹脂からなるシートや、ステンレスフィルムであってもよい。耐久性の点からは、フレキシビリティを有するものが望ましい。また、第1の基板1は、透明であっても不透明であってもよい。

【0047】

第1の基板1の上には、第1の電極2が配設されている。該第1の電極2は、導電材料から構成されている。

【0048】

一方、上側基板16は、第2の基板11を有する。上側基板16側は観察側となるため、第2の基板11は透明である必要がある。それ以外の点については、第2の基板11は、下側基板6の第1の基板1と同様である。そして、該第2の基板11上には、透明な導電材料から構成される第2の電極12が配設されている。第2の電極12は、後述するように隔壁3により区画された各絵素100毎に、第1の共通配線（図示せず）に接続されている。

【0049】

下側基板6の第1の電極2と、上側基板16の第2の電極12とが向かい合うように両基板6，16が対向配置され、それにより、両基板6，16の間に空間17が形成されている。該空間17は、絵素毎に、絶縁性材料から構成され下側基板6から上側基板16に達する隔壁3によって、区画されている。ここでは、隔壁3が、空間17を保持するために両基板6，16を支持する空間保持部材としても機能しており、それにより、基板間の距離（ギャップ）が一定に保持されている。

【0050】

隔壁3の表面には、第3の電極4が配設されている。第3の電極4は、第1及び第2の電極2，12とは直接接触せずに間隙を隔てて配設されており、それゆえ、第3の電極4が、第1及び第2の電極2，12と絶縁されている。なお、図中では、第1及び第2の電極2，12と、第3の電極4との間の間隙を誇張して

示しているが、該間隙は、微小であってもよい。

【0051】

表示素子70の水平断面では、図2(b)に示すように、隔壁3は、六角形の孔部を区画する網目状となっており、該孔部が各絵素100の領域に相当する。そして、該隔壁3の孔部表面に沿って、第3の電極4が配設されている。したがって、各絵素100の外周は、隔壁3及びその表面に配設された第3の電極4によって囲まれている。ここでは、各絵素100の第3の電極4が、それぞれ第2の共通配線(図示せず)に接続されている。絵素100をこのように六角形状とすることにより、表示面前方からの圧力に対して非常に強固である表示装置を実現することができるとともに、絵素密度の向上を図ることができる。

【0052】

絵素毎に区画された空間17内には、複数の黒色粒子5B及び複数の白色粒子5Aが封入されている。黒色粒子5Bは負に帯電した絶縁性の粒子であり、白色粒子5Aは帯電していない絶縁性の粒子である。白色粒子5A及び黒色粒子5Bは、ともに多孔質性の粒子であり、かつ、径の大きな芯体粒子と、該芯体粒子の直径の $1/1000 \sim 1/100$ 程度の直径を有する微小粒子とから構成される複合粒子である。このような黒色粒子同士5Bの大きさはほぼ等しく、白色粒子5A同士の径はほぼ等しく、さらに、黒色粒子5Bと白色粒子5Aとは大きさがほぼ等しい。

【0053】

第1の電極2及び第2の電極12は、電圧印加系路を切替え可能とするスイッチング素子20を介して、直流電源23に接続されている。また、第3の電極4は、電圧印加系路を切替え可能とするスイッチング素子21を介して、第1及び第2の電極と共通な前記直流電源23に接続されている。ここでは、第2電極ドライバ81(図1)が、直流電源23とスイッチング素子20, 21とを有しており、画像信号に応じてスイッチング素子20, 21の切替を行う。

【0054】

次に、上記の構成を有する表示素子の製造方法について説明する。ここでは、第1及び第2の基板1, 11として、厚さ1.1mmのガラス基板を用いる。第

1の基板1上に、透明で導電性を有するITO (Indium-Tin-Oxide) 膜を成膜して第1の電極2を形成する。それにより、下側基板6が形成される。また、第2の基板11上にITO膜を成膜して第2の電極12を形成する。それにより、上側基板16が形成される。

【0055】

続いて、上記のようにして形成した下側基板6の表面、又は、上側基板16の表面に、隔壁3を形成する。ここでは、例えば下側基板6の前記第1の電極2上に、隔壁3として、絶縁性のポリエチレンテレフタレート (PET) から構成され、複数の六角形の孔部を区画する網目状のシートを配設した。該シートの厚さは $110\mu\text{m}$ である。そして、該隔壁3の孔部表面を覆うように、導電性を有する電極材料、例えばアルミニウムなどを、真空蒸着法などの方法によりパターンニングして成膜し、第3の電極4を形成する。ここで、第3の電極4は、前述のように、下側基板6と上側基板16とを貼り合わせた時に第1及び第2の電極2、12との間に間隙を有する必要がある。このため、第3の電極4は、隔壁3の上下端部の所定領域を除いて形成する。このようにして配設した隔壁3で区画された第1の基板1上方の領域が、1つの絵素領域に相当する。すなわち、各絵素100は六角形状を有し、横幅 (対向する一対の頂角間の距離) は $10\mu\text{m}$ 程度である。

【0056】

隔壁3により区画された第1の電極2上の空間17、すなわち1つの絵素100内の空間17に、複数の黒色粒子5B及び白色粒子5Aを充填する。ここでは、黒色粒子5Bとして、負電荷を帯びた絶縁性を有する重合トナーを用いる。また、白色粒子5Aとして、無電荷の絶縁性粒子 (例えば、積水化成品工業製、テックポリマー: $20\mu\text{m}$) を用いた。これらの黒色及び白色粒子5B、5Aは、前述のように、多孔質性の複合粒子である。各絵素100では、黒色及び白色粒子5B、5Aを2mgずつ薬包紙などの上で均一にムラなく混合したものを、該空間17内にふるい落とす。このとき、第1の基板1を微小振動させて、基板面に均一に粒子5A、5Bを広げる。そして、接着剤等により、下側基板6と上側基板16とを張り合わせて固定する。その後、第1、第2及び第3の電極2、12

、4 を、直流電源 2 3 に接続するとともに、電圧印加系路を整える。

【0 0 5 7】

その後、黒色及び白色粒子 5 B, 5 A を基板面内に均一に分散させるために、第 1 の電極 2 と第 2 の電極 1 2 との間に矩形波の交流電圧を印加し、空間 1 7 内に交番電界を与える。このような電圧の印加は、例えば、完成品としての表示装置を出荷する直前に行う。印加する交流電圧の振幅は、プラスマイナス 1 5 0 V 程度であり、周波数は 3 ~ 1 0 0 0 H z である。ここでは、周波数が低いほど、黒色及び白色粒子 5 B, 5 A が基板面に均一に広がるまでの時間が長くなる。一方、周波数が高いと、粒子 5 A, 5 B は速やかに均一に分散するが、均一に分散した状態でさらに電圧が印加されると、粒子同士の衝突および接触が生じ、粒子の凝集が生じて逆に分散が不均一となる。したがって、印加する交流電圧の周波数は、特に、3 ~ 1 0 H z 程度とするのが好ましく、それにより、白色及び黒色粒子 5 A, 5 B を、各絵素 1 0 0 の基板面にムラなく均一に分散させることが可能となる。したがって、表示ムラの発生の防止につながる。なお、前述のように例えば表示装置の出荷直前に一度このような電圧印加を行って粒子 5 A, 5 B を均一に分散させれば、その効果はそれ以降も保持される。

【0 0 5 8】

次に、表示素子 7 0 における表示動作を、構成単位である 1 つの絵素 1 0 0 に着目して説明する。なお、複数の絵素 1 0 0 の各々では、以下に説明する動作がそれぞれ別々に行われており、それにより、画像が表示される。

【0 0 5 9】

図 3 は、絵素 1 0 0 における表示動作を説明するための模式的な断面図であり、図 3 (a) は、黒表示時における表示動作を示しており、図 3 (b) は、白表示時における表示動作を示している。また、図 4 (a) は、表示動作時に第 1、第 2 及び第 3 の電極 2, 1 2, 4 に印加される信号電圧を示す模式的な波形図であり、フレーム 1 は黒表示時における信号電圧を示し、フレーム 2 は白表示時における信号電圧を示している。ここでは、第 1 の電極の電位を V_b とし、第 2 の電極の電位を V_a とし、第 3 の電極の電位を V_c としている。

【0 0 6 0】

図3 (a) 及び図4 (a) のフレーム1に示すように、黒表示時には、まず、第1の電極2と第2の電極12との間に画像信号に応じた信号電圧が印加される。ここでは、第1の電極2の電位 V_b が負となるとともに、第2の電極12の電位 V_a が正となるように、スイッチング素子20によって、電圧印加系路の切替が行われる。また、ここでは、第3の電極4に電圧が印加されないようにスイッチング素子21の切替が行われており、第3の電極4の電位 V_c は0となっている(期間A)。このような電圧印加によって、 $(V_a - V_b)$ の電圧から求められる電界が両電極2, 12間に与えられる。ここでは、 $(V_a - V_b)$ が正であることから、下側基板6から上側基板16側に向かう方向の電界が与えられ、第1の電極2が負極となるととも第2の電極12が正極となる。それゆえ、負に帯電した黒色粒子5Bは、正極である第2の電極12に向かって移動し、電極表面に付着する。それにより、上側基板16側から観察した際には、帯電していないゆえに空間中を浮遊した状態である白色粒子5Aが、黒色粒子5Bによって覆い隠される。

【0061】

ここで、上記の黒色粒子5Bの移動時には、鏡像力等により、第3の電極4で覆われた隔壁3に、黒色粒子5Bが付着する。また、隔壁3の周辺で、黒色粒子5Bの凝集が起こる。黒色粒子5Bが隔壁3に付着したりその周辺で凝集すると、第2の電極12に付着する黒色粒子5Bの数が減るため、黒色粒子5Bで覆われた領域に隙間ができ、該隙間から白色粒子5Aが観察される。そこで、このような状態では、表示ムラが発生しコントラストが低下する。このような表示ムラの発生を防止するため、隔壁3に付着及び周辺で凝集した黒色粒子5Bを、以下の方法により、隔壁3から剥離させて第2の電極12側に移動させる。

【0062】

すなわち、上記のように黒色粒子5Bを移動させるための信号電圧を第1及び第2の電極2, 12間に印加した後、第1の電極2の代わりに、第3の電極4が直流電源23に接続される(ここでは第1の電極2の電圧印加系路に接続される)ように、スイッチング素子21を切り替える。それにより、第2の電極12と第3の電極4との間に電圧が印加され、第1の電極2の電位 V_b が0となり、第

2の電極12の電位 V_a が正となり、第3の電極4の電位 V_c が負となる。したがって、このような電圧印加によって、 $(V_a - V_c)$ の電圧から求められる電界が両電極12, 4間に与えられる。ここでは、 $(V_a - V_c)$ が正であることから、第3の電極4側から第2の電極12側に向かう方向の電界が与えられ、第2の電極12が正極となるととも第3の電極4が負極となる（期間B）。このように隔壁3に配設された第3の電極4を、付着した黒色粒子5Bと同極性とすることにより、第3の電極4に付着及びその周辺で凝集していた黒色粒子5Bがクーロン力によって該電極4と反発しあい、それゆえ、隔壁3から剥離して第2の電極12に向かって移動する。そして、この移動した粒子5Bは、第2の電極12の表面に付着し、下方の白色粒子5Aを覆い隠して表示に寄与する。このように、第2の電極12と第3の電極4との間に電圧を印加して隔壁3から黒色粒子5Bを除去することにより、黒色粒子5Bを表示に有効に利用し、黒色粒子5Bの隙間から白色粒子5Aが観察されるのを防止することが可能となる。したがって、表示ムラを抑制することが可能となり、高コントラスト化を図ることが可能となる。

【0063】

上記のように第2の電極12と第3の電極4との間に電圧を印加した後、電圧の印加をやめて無電圧状態とする。すなわち、第1、第2及び第3の電極2, 12, 4の電位 V_b , V_a , V_c は0となる（期間C）。このような無電圧状態においても、黒色粒子5Bの第2の電極12への付着は、粒子間及び粒子と該電極12との間のファンデルワールス力や、鏡像力等の付着力によって、保持される。したがって、黒表示が保持される。

【0064】

続いて、黒表示から白表示に書き換える。白表示に書き換える際には、図3(b)及び図4(a)のフレーム2に示すように、まず、第1の電極2と第2の電極12との間に画像信号に応じた信号電圧が印加される。ここでは、前述の黒表示の場合とは逆に、第1の電極2の電位 V_b が正となるとともに、第2の電極12の電位 V_a が負となるように、スイッチング素子20によって、電圧印加系路の切替が行われる。また、ここでは、第3の電極4に電圧が印加されないように

スイッチング素子 21 の切替えが行われており、第 3 の電極 4 の電位 V_c は 0 となっている（期間 D）。このような電圧印加によって、 $(V_a - V_b)$ の電圧から求められる電界が両電極 2, 12 間に与えられる。ここでは、 $(V_a - V_b)$ が負であることから、上側基板 16 側から下側基板 6 側に向かう方向の電界が与えられ、第 1 の電極 2 が正極となるととも第 2 の電極 12 が負極となる。それゆえ、負に帯電した黒色粒子 5B は、正極である第 1 の電極 2 に向かって移動し、白色粒子 5A の下に潜り込んで電極表面に付着する。それにより、上側基板 16 側から観察した際には、黒色粒子 5B が白色粒子 5A によって覆い隠されて白表示となる。

【0065】

ここで、上記の黒色粒子 5B の移動時には、前述の黒表示の場合と同様、鏡像力等により、第 3 の電極 4 で覆われた隔壁 3 に、黒色粒子 5B が付着する。また、隔壁 3 の周辺で、黒色粒子 5B の凝集が起こる。黒色粒子 5B が隔壁 3 に付着したりその周辺で凝集すると、これらの黒色粒子 5B が、上側基板 16 側から観察した際に観察される。したがって、表示ムラが発生しコントラストが低下する。このような表示ムラの発生を防止するためには、隔壁 3 に付着及び周辺で凝集した黒色粒子 5B を、以下の方法により、隔壁 3 から剥離させて第 1 の電極 2 側へ移動させる。

【0066】

すなわち、上記のように黒色粒子 5B を移動させるための信号電圧を第 1 及び第 2 の電極 2, 12 間に印加した後、第 2 の電極 12 の代わりに第 3 の電極 4 が直流電源 23 電源に接続される（ここでは、第 3 の電極 4 が第 2 の電極の電圧印加系路に接続される）ように、スイッチング素子 21 を切り替える。それにより、第 1 の電極 2 と第 3 の電極 4 との間に電圧が印加され、第 1 の電極 2 の電位 V_b が正となり、第 2 の電極 12 の電位 V_a が 0 となり、第 3 の電極 4 の電位 V_c が負となる（期間 E）。したがって、このような電圧印加によって、 $(V_b - V_c)$ の電圧から求められる電界が両電極 2, 4 間に与えられる。ここでは、 $(V_b - V_c)$ が正であることから、第 3 の電極 4 側から第 1 の電極 2 側に向かう方向の電界が与えられ、第 1 の電極 2 が正極となるととも第 3 の電極 4 が負極とな

る。このように隔壁 3 に配設された第 3 の電極 4 を、付着した黒色粒子 5 B と同極性とすることにより、第 3 の電極 4 に付着及びその周辺で凝集していた黒色粒子 5 B がクーロン力によって該電極 4 と反発しあい、それゆえ、隔壁 3 から剥離して第 1 の電極 2 に向かって移動する。そして、この移動した粒子 5 B は、白色粒子 5 A の下に潜り込んで第 1 の電極 2 の表面に付着する。このように、第 1 の電極 2 と第 3 の電極 4 との間に電圧を印加して隔壁 3 から黒色粒子 5 B を除去することにより、黒色粒子 5 B が観察されるのを防止することが可能となる。したがって、表示ムラを抑制することが可能となり、高コントラスト化を図ることが可能となる。

【 0 0 6 7 】

上記のように第 1 の電極 2 と第 3 の電極 4 との間に電圧を印加した後、電圧の印加をやめて無電圧状態とする。すなわち、第 1、第 2 及び第 3 の電極 2, 1 2, 4 の電位 V_b , V_a , V_c は 0 となる（期間 F）。このような無電圧状態においても、黒色粒子 5 B の第 1 の電極 2 への付着は、粒子間及び粒子と該電極 2 との間のファンデルワールス力や、鏡像力等の付着力によって、保持される。したがって、白表示が保持される。

【 0 0 6 8 】

本実施の形態の表示装置においては、画像信号に応じて、上記のような黒表示及び白表示が繰り返し行われ、画像の書き換えが行われる。ここでは、上記のように、隔壁 3 から黒色粒子 5 B を除去することにより表示ムラを抑制した良好な黒表示及び白表示を行うことが可能となるため、良好な表示特性が実現可能となる。このような表示装置は、隔壁 3 に第 3 の電極 4 を配設し、該電極 4 を第 1 及び第 2 の電極 2, 1 2 が接続された直流電源 2 3 に接続するように配線を構成するだけで実現可能であるため、容易に製造が可能である。また、共通の直流電源 2 3 を用いるので装置の省スペース化が図られるとともに、電圧印加系路を切り替えることにより第 1 及び第 2 の電極 2, 1 2 への印加電圧を第 3 の電極 4 にも印加することが可能であるため、装置の省電力化を図ることが可能となる。

【 0 0 6 9 】

また、上側基板 1 6 と下側基板 6 との間の空間 1 7 が絵素毎に隔壁 3 によって

区画されているため、隣接する絵素 1 0 0 への黒色粒子 5 B 及び白色粒子 5 A の移動を抑制することが可能となり、よって、特定領域に粒子 5 A, 5 B が集中するのを防止することが可能となる。さらに、ここでは、前述のように表示装置の製造時に第 1 及び第 2 の電極 2, 1 2 間に交番電圧を印加することにより、黒色及び白色粒子 5 B, 5 A を均一に分散させることが可能となる。したがって、各絵素 1 0 0 内の粒子総量を常に一定に保つことが可能となり、かつ、絵素 1 0 0 内において粒子の分散の均一化が図られる。その結果、表示ムラをさらに低減することが可能となる。

【 0 0 7 0 】

また、黒色粒子 5 B 及び白色粒子 5 A が、多孔性で、かつ、芯体粒子と微粒子との複合粒子であるため、以下のような効果が得られる。すなわち、黒色粒子 5 B 及び白色粒子 5 A、特に、電極間を移動して表示に関与する黒色粒子 5 B が多孔性であるため、粒子の比重が小さく、分子量が小さくなる。それゆえ、粒子間、及び、付着対象物たる電極と粒子との間のファンデルワールス力の低減化が図られると期待できる。このようにファンデルワールス力が小さくなると、複数の粒子間における付着力や、電極と粒子との間の付着力を低減させることが可能となる。また、軽量であるため、粒子の沈降を遅らせて浮遊状態とすることが可能となる。このような浮遊状態では、粒子を電極等から引き離す必要がないので、低電圧で粒子を速やかに移動させることが可能となる。

【 0 0 7 1 】

さらに、黒色粒子 5 B 及び白色粒子 5 A、特に、黒色粒子 5 B が粒子が複合粒子であるため、微小粒子が存在することにより、空間内を移動して直接表示に関与する芯体粒子同士の間距離、及び、芯体粒子と付着対象物たる電極との間の距離を、微小粒子の分だけ大きくすることが可能となる。したがって、ファンデルワールス力を低下させることが可能となり、付着力を低下させることが可能となる。

【 0 0 7 2 】

以上のように、黒色及び白色粒子 5 B, 5 A では、ファンデルワールス力の低減化を図り付着力を低減することができる。また、ここでは、前述のように、同

色の粒子同士の大きさが等しく、かつ、異なる色の粒子同士の大きさが等しいので、粒子の大きさに差がある場合のように粒子の分布が不均一となったり、大きい粒子にくっついてしまった小さな粒子を引き離すのに電圧を要する必要がない。このため、粒子間の相互作用、及び、粒子と付着対象物との間の相互作用を低減することができる。よって、動作電圧の低減化及び高速応答化を図ることが可能となる。

【 0 0 7 3 】

上記においては、図 4（a）に示すように、表示に直接関与する粒子の移動のために印加する電圧と、隔壁からの粒子の除去のために印加する電圧とが、直流電圧である場合について説明したが、図 4（b）に示すように、直流電圧に、該直流電圧よりも振幅の小さな矩形波の交流電圧を重畳させて構成した電圧を、前記 2 つの用途の印加電圧の少なくとも一方に適用することがより好ましい。このように交流電圧を重畳させた電圧を印加すると、交流電圧により、隔壁や電極に付着した粒子を微小振動運動させることができ、該運動にともなって、粒子の付着力を弱めることが可能となる。このような状態で直流電圧が印加されると、前記付着力の弱まった粒子を容易に剥離させて逆極性へ移動させることが可能となる。それゆえ、粒子を移動させるために印加する直流電圧が、交流電圧を重畳しない場合に必要な直流電圧に比べて低減する。したがって、全体の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。例えば、図 4（b）において、黒表示時に第 1 及び第 2 の電極 2，1 2 に印加される信号電圧（期間 A，期間 D）が、1 5 0 V の振幅の直流電圧成分と、3 0 ～ 7 0 V、例えば 5 0 V 程度の振幅の矩形波の交流電圧成分とから構成されてもよい。この場合、交流電圧成分の周波数は 1 0 0 H z 以上が好ましい。該周波数は、直流電圧成分と交流電圧成分との比率によって最適な値が決まる。

【 0 0 7 4 】

本実施の形態の変形例として、第 1 及び第 2 の電極と第 3 の電極との間に、絶縁層を形成してもよい。絶縁層の形成方法としては、例えば、ポリカーボネート樹脂（三菱ガス化学製、ビスフェノール Z 型ポリカーボネート Z 2 0 0）をテトラヒドロフラン（THF）に 1 0 w t % 混合したものを、スピンコート法により

第1及び第2の電極上に膜厚 $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度成膜する。なお、絶縁層を形成する場合には、第3の電極が隔壁の上下端部も含め全体を覆い、該絶縁層と直接接触してもよい。

(実施の形態2)

図5は、本発明の実施の形態2に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成を模式的に示す断面図である。図5に示すように、本実施の形態の絵素は、実施の形態1と同様の構成を有するが、以下の点が実施の形態1とは異なっている。また、本実施の形態における表示動作は、図3(a)、(b)に示す実施の形態1の表示動作と同様である。また、表示動作時に印加される電圧については、実施の形態1と同様、図4(a)または図4(b)に示す通りである。

【0075】

本実施の形態では、黒色粒子5Bが絶縁性であった実施の形態1とは異なり、黒色粒子5Bが導電性を有する。このため、以下の理由から、図5に示すように、第1の電極2及び第2の電極12上に、電荷輸送層たる電子輸送層7が形成される必要がある。すなわち、電子輸送層7が形成されていなければ、黒表示時に黒色粒子5Bが第2の電極12に達した際、及び、白表示時に第1の電極2に黒色粒子5Bが達した際に、黒色粒子5Bが導電性であるため、粒子内の電荷(電子)が第1及び第2の電極2, 12からリークするとともに、第1及び第2の電極2, 12から電荷(ここでは正孔)を受け取って到達先の電極と同じ極性に帯電する。このため、黒色粒子5Bは到達した電極から反発し、到達先の電極とは逆極性の他方の電極へ移動を始める。この動作の繰り返しによって、粒子は交番電界が発生している間、第1及び第2の電極2, 12の間で往復振動運動を繰り返す。それゆえ、表示が困難となる。一方、第1及び第2の電極2, 12上に電荷輸送層の代わりに絶縁層を形成した場合には、黒色粒子5Bが第1及び第2の電極2, 12から電荷(正孔)を受け取るのを絶縁層により防止することが可能となるが、この場合には、黒色粒子5Bから電荷(電子)がリークするのみで、粒子5Bはどこからも電荷を受け取らない。このため、粒子5Bを移動させることができなくなり、表示を行うことができない。

【0076】

これに対して、第 1 及び第 2 の電極上に電子輸送層 7 を形成すると、例えば図 3 (a) に示す黒表示時においては、黒色粒子 5 B が電子輸送層 7 を介して第 2 の電極 1 2 に付着した際に、電子輸送層 7 が選択的に正孔の通過を阻止するとともに電子のみを通過させる。このため、第 2 の電極 1 2 から黒色粒子 5 B への正孔の授受を防止することが可能となり、かつ、第 2 の電極 1 2 から黒色粒子 5 B への電子の授受を可能とする。したがって、この場合には、黒色粒子 5 B がもとの極性（負極性）と逆の極性（正極性）となることはなく、粒子 5 B は導電性であっても帯電量が均一に保たれて負極性のままであり、よって、正極である第 2 の電極 1 2 側に保持される。また、図 3 (b) に示す白表示時においては、第 1 の電極 2 上に電子輸送層 7 が形成されているため、黒表示時の場合と同様、正極となった第 1 の電極 2 から黒色粒子 5 B へは正孔が授受されず、電子のみが授受される。それゆえ、黒色粒子 5 B は、帯電量が均一に保たれて負極性のままであり、よって、正極である第 1 の電極 2 側に保持される。したがって、第 1 及び第 2 の電極 2, 1 2 上に電子輸送層 7 が形成された本実施の形態の構成によれば、導電性を有する黒色粒子 5 B であっても、黒色粒子 5 B の往復振動運動を防止して、安定した良好な表示を行うことが可能となる。そして、このような本実施の形態においては、実施の形態 1 において前述した効果と同様の効果が得られる。

【0077】

電子輸送層 7 を構成する電子輸送材料としては、例えば、ベンゾキノ系、テトラシアノエチレン系、エトラシアノキノジメタン系、フルオレノン系、キサントン系、フェナントラキノ系、無水フタル酸系、ジフェノキノ系等の化合物を用いてもよい。

（実施の形態 3）

図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成を模式的に示す断面図である。図 6 に示すように、本実施の形態の絵素は、実施の形態 1 と同様の構成を有するが、以下の点が実施の形態 1 とは異なっている。また、本実施の形態における表示動作は、図 3 (a), (b) に示す実施の形態 1 の表示動作と同様である。また、表示動作時に印加される電圧については、実施の形態 1 と同様、図 4 (a) または図 4 (b) に示す通りである。。

【0078】

本実施の形態では、隔壁3が絶縁性材料から構成される実施の形態1とは異なり、隔壁13が導電性材料から構成されている。ここでは、隔壁13が、第3の電極4と同じ導電性材料から構成されており、よって、隔壁13が第3の電極4を兼ねた構成である。このような隔壁13は、表示装置の曲げ強さの点から、フレキシビリティを有するものが好ましい。そして、隔壁13が導電性を有する構成では、隔壁13が第1及び第2の電極2，12と直接接触していると両電極間が導通してしまい電界が発生しなくなるため、両電極2，12との間に絶縁層10を配設して絶縁性を確保する。

【0079】

以上のような構成の本実施の形態においては、実施の形態1において前述した効果と同様の効果が得られる。また、ここでは、隔壁と第3の電極とが一体化して形成されているため、製造が容易となる。

(実施の形態4)

図7は、本発明の実施の形態4に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成及び表示動作を模式的に示す断面図であり、図7(a)は黒表示時について示しており、図7(b)は白表示時について示している。本実施の形態では、以下に示すように、隔壁3に付着した黒色粒子5Bの除去のために隔壁3に設けた電極4に電圧を印加するのではなく、表示のための粒子移動のために該電極4に電圧を印加する。

【0080】

図7(a)及び図7(b)に示すように、本実施の形態では、下側基板6'の第1の基板20に白色板を用いている。また、上側基板側には、第2の電極が配設されておらず、ここでは交番電界は、隔壁3に配設された電極4と、下側基板6'側の電極2との間に与えられる。さらに、ここでは、空間17内に、1種類の着色粒子、すなわち黒色粒子5Bのみが封入されている。

【0081】

図7(a)に示すように、黒表示時には、下側基板6'側の電極2と、隔壁3に配設された電極4との間に画像信号に応じた信号電圧が印加され、それにより

、電極 2 が正極となるとともに、電極 4 が負極となる。したがって、負に帯電した黒色粒子 5 B は、正極である電極 2 に向かって移動しその表面を覆う。電極 2 の表面が黒色粒子 5 B で覆われると、電極 2 の下方に配置された白色板（第 1 の基板）20 が見えなくなる。それゆえ、上側基板側から観察した際には、白色板 20 の色は観察されず、黒色粒子 5 B に基づく黒表示が行われる。

【0082】

一方、白表示時には、図 7（b）に示すように、黒表示時とは逆向きの電圧が電極 2，4 間に印加され、電極 2 が負極となるとともに電極 4 が正極となる。それにより、黒色粒子 5 B が電極 4 に向かって移動して電極 4 の表面を覆う。そして、黒色粒子 5 B の移動に伴って、白色板 20 に付着していた粒子 5 B が除去されて白色板 20 が露出する。それゆえ、上側基板側から観察した際には、透明な電極 2 を透過して白色板 20 の色が主として観察され白表示となる。

【0083】

ここで、電極 2 と電極 4 との間に印加される電圧は、実施の形態 1 の図 4（a）に示すような直流電圧であってもよいが、実施の形態 1 において前述したように、動作電圧の低減化の点からは、図 4（b）に示すような、直流電圧に矩形波の交流電圧を重畳して構成された電圧であることが好ましい。また、本実施の形態の表示素子の製造時には、実施の形態 1 の場合と同様、空間 17 内に黒色粒子 5 B を封入した後、交流電圧を電極 2 と電極 4 との間に印加し、交番電界を発生させることが好ましい。それにより、実施の形態 1 の場合と同様、空間 17 内において黒色粒子 5 B を均一に分散させることが可能となる。

【0084】

本実施の形態においては、空間 17 を移動する粒子が黒色粒子 5 B の 1 種類であるため、複数種類の粒子を用いた場合のように移動の際に粒子同士が衝突したり、あるいは逆極性のもの同士が凝集したりして、お互いの移動の妨げとなることはない。このため、黒色粒子 5 B は速やかに移動することが可能となる。それゆえ、表示装置では、応答速度の向上が図られるとともに、動作電圧の低減化が図られる。また、黒色粒子 5 B が、実施の形態 1 と同様の構成を有するため、実施の形態 1 において前述したように、ファンデルワールス力を低減して粒子間及

び粒子と電極との間の付着力を低減することができる。このため、動作電圧の低減化をより図ることが可能となる。

【0085】

また、実施の形態1の場合と同様に、各絵素の領域が隔壁3で区画されて独立しているため、表示装置の配置体勢に関わらず、黒色粒子5Bが表示素子の特定部分に凝集するのを防止することができ、一絵素の空間17内に収容された黒色粒子5Bの量を一定に保つことが可能となる。このため、表示ムラの発生を防止することが可能となる。

【0086】

なお、上記においては、下側基板6'側の第1の基板20が着色されている場合について説明したが、第1の基板20の代わりに、電極2が着色されていてもよく、あるいは、別個に着色層が配設されていてもよい。

【0087】

上記の実施の形態1～4においては、黒色粒子5Bが負に帯電した場合について説明したが、黒色粒子5Bが正に帯電していてもよい。この場合、各電極2, 12, 4には、例えば図4(a), (b)に示す動作電圧と逆極性の電圧が印加され、各電極2, 12, 4の電位が前述の場合と逆になる。ここで、黒色粒子5Bが正に帯電している場合には、黒色粒子5Bが導電性である実施の形態2において、電子輸送層7の代わりに、正孔輸送層を設ける必要がある。正孔輸送層を設けることにより、第1及び第2の電極2, 12から黒色粒子5Bへの電子の授受が防止されるとともに正孔が授受されるため、黒色粒子5Bの正電荷を保持することが可能となる。このような正孔輸送層を構成する材料としては、例えば、ピレン系、カルバゾール系、ヒドラゾン系、オキサゾール系、オキサジアゾール系、ピラゾリン系、アリアルアミン系、アリアルメタン系、ベンジジン系、チアゾール系、スチルベン系、ブタジエン系、ブタジエン系の化合物などの低分子化合物や、ポリ-N-ビニルカルバゾール、ハロゲン化ポリ-N-ビニルカルバゾール、ポリビニルピレン、ポリビニルアンスラセン、ポリビニルアクリジン、ピレン-ホルムアルデヒド樹脂、エチルカルバゾール-ホルムアルデヒド樹脂、トリフェニルメタンポリマー、ポリシラン等の高分子化合物が用いられる。

【 0 0 8 8 】

また、上記の実施の形態 1 ～ 3 において、帯電するのは黒色粒子 5 B に限定されるものではなく、白色粒子 5 A が帯電していてもよい。この場合、与えられた電界によって、両粒子はそれぞれ極性に応じて空間内を移動し、観察側となる上側基板側に配置された第 2 の電極に付着した粒子の色が表示の色となる。したがって、ここでは、該目的の表示色を与える粒子が隔壁に付着するのを防止するために、隔壁に設けられた第 3 の電極が、表示側となる第 2 の電極と逆極性となるように電圧を印加する。

【 0 0 8 9 】

また、上記の実施の形態 1 ～ 3 においては、表示に寄与する粒子の主たる移動のために第 1 及び第 2 の電極間に電圧を印加した後、隔壁に付着した粒子を除去するために第 2 及び第 3 の電極間に電圧を印加しているが、第 1 及び第 3 の電極間にあらかじめ電圧を印加した後に、第 1 及び第 2 の電極間に電圧を印加してもよく、あるいは、第 1 及び第 2 の電極間への電圧印加と、第 1 及び第 3 の電極への電圧印加とを同時に行ってもよい。すなわち、粒子の主たる移動のための電圧印加と、隔壁からの粒子の除去のための電圧印加とは、タイミングをずらして行われてもよく、同時に行われてもよい。例えば、あらかじめ第 1 及び第 3 の電極間に電圧を印加しておけば、隔壁への粒子の付着を予防することができるため、一旦隔壁に付着した粒子を剥離させて除去する場合よりも、低電圧で効果を得ることが可能となる。また、上記実施の形態では、粒子の主たる移動のために印加する電圧と、隔壁からの粒子の除去のために印加する電圧とが、同じ振幅の大きさである場合について説明したが、該 2 つの印加電圧は、異なる大きさであってもよい。また、該 2 つの電圧の印加時間は、同じであってもよく、異なってもよい。

【 0 0 9 0 】

また、上記の実施の形態 1 ～ 4 においては、絵素が六角形状を有する場合について説明したが、絵素の形状はこれに限定されるものではなく、通常の長方形形状を有していてもよい。

【 0 0 9 1 】

また、上記の上記の実施の形態 1～4 においては、第 1 の電極と第 2 の電極とが空間を挟んで対向配置され、縦方向電界が生じる場合について説明したが、同一の基板上に第 1 及び第 2 の電極が配置されて横方向電界が生じる構成であってもよい。

【0092】

また、上記の実施の形態 1～4 においては、白黒表示を行う場合について説明したが、本発明は、カラー表示にも適用可能である。例えば、上側基板側にカラーフィルタを設けることによりカラー表示を実現する構成であってもよい。さらに、色毎に異なる移動特性を有する 2 種類以上の着色粒子を用い、交番電界の方向を種々変化させて該粒子を移動させることにより、着色粒子の種類数に応じた多色表示を実現することも可能となる。また、実施の形態 4 において、下側基板側の着色基板を複数種類の色に塗り分けることにより、多色表示を行うことも可能である。

【0093】

また、上記の実施の形態 1～4 においては、第 3 の電極が、第 1 及び第 2 の電極と同一の電源に接続される場合について説明したが、別の電源に接続される構成であってもよい。また、第 3 の電極は、必ずしも第 1 の電極又は第 2 の電極に接続されている必要はない。

【0094】

また、上記の実施の形態 1～4 においては、着色粒子が多孔性でかつ複合粒子である場合について説明したが、粒子の構成はこれに限定されるものではなく、通常の粒子を用いた場合でも上記のような効果が得られる。また、前述のように、粒子同士の大きさが同程度であれば動作電圧の低減化の上で好ましいが、必ずしも同程度である必要はない。

【0095】

また、上記の実施の形態 1～3 においては、第 1 及び第 2 の電極間に与えられる電界、第 1 及び第 3 の電極間に与えられる電界、及び、第 2 及び第 3 の電極間に与えられる電界の、3 つの電界分布を発生させる場合について説明したが、各電界の組み合わせによる電界の発生も可能である。また、例えば、第 3 の電極を

分割して設けたり、あるいは、絵素内において基板上の第1及び／又は第2の電極を分割して設けることにより、さらに複数種類の電界を発生させることが可能となる。

【0096】

また、上記の実施の形態1～4においては、気相中を粒子が移動する場合について説明したが、本発明は、粒子が液相中を移動する構成の表示装置、例えば、電気泳動ディスプレイ等においても適用可能である。

【0097】

また、上記の実施の形態1～4においては、パッシブマトリクス駆動型の表示装置について説明したが、本発明は、アクティブマトリクス駆動型の表示装置においても適用可能である。アクティブマトリクス駆動型のものは、動画等の高速応答が要求される表示に適している。また、パッシブマトリクス駆動型のものは、動画のような高速応答が要求されない場合、例えばペーパディスプレイで新聞等の表示を行う場合に適している。ここで、粒子を液相中で移動させる従来の電気泳動ディスプレイでは、クロストーク電圧等によって粒子が移動するため、パッシブマトリクス駆動型とすることが困難であったが、上記のように気相中で移動させる構成であれば、粒子を移動させる際の閾値電圧が高いのでクロストーク電圧等による移動を抑制することができるので、パッシブマトリクス駆動型を実現することが可能である。さらに、パッシブマトリクス駆動型とすると、アクティブマトリクス駆動型の場合のようにスイッチング素子としてTFT（薄膜トランジスタ）を形成する必要がなくなるため、製造コストの削減、リードタイムの削減、歩留りの向上等が図られる。

【0098】

【発明の効果】

本発明は、以上に説明したような形態で実施され、以下のような効果を奏する。すなわち、本発明の表示装置では、隔壁を設けて各絵素を区画することにより、絵素間での粒子の移動を防止することができるため、粒子が特定の絵素に集まるのを防止することが可能となる。それゆえ、表示ムラの低減化が図られる。また、隔壁の表面に電極を配設するとともに該電極に着色粒子と逆極性の電圧を

印加するため、隔壁への粒子の付着を防止するとともに隔壁に付着した粒子を剥離させることが可能となる。また、粒子の隔壁への付着に伴う凝集及び分離を防止することが可能となる。したがって、着色粒子を表示に有効に利用することが可能となり、表示ムラが防止されて表示特性の改善が図られる。また、多孔質性の複合粒子を用いることにより、粒子と隔壁との間の付着力や、粒子と基板との間の付着力、粒子間における付着力の低減化を図ることができる。したがって、動作電圧の低減化を図ることが可能となる。このような効果を奏する本発明は、例えば、折り曲げ可能で非常に軽量かつ薄型であり紙の代替として利用可能な電子ペーパーに適用可能である。

【0099】

また、本発明の表示装置の製造方法によれば、交流電圧を印加して発生させた交番電界により粒子を移動させることにより、容易にかつ確実に各絵素の基板面に均一に粒子を分散させることが可能となる。したがって、さらに表示ムラの低減化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る表示装置の構成を示す模式図である。

【図2】

図1の表示素子の構成単位である絵素の構成を示す模式図であり、図2(a)は、表示素子に対し垂直な断面をしめし、図2(b)は、表示素子に対し平行な断面を示している。

【図3】

図2の絵素の表示動作を示す模式的な断面であり、図3(a)は黒表示時における動作を示しており、図3(b)は白表示時における動作を示している。

【図4】

図3の絵素の表示動作時における印加電圧を模式的に示す図であり、図4(a)は、直流電圧のみを印加した場合を示し、図4(b)は、直流電流と交流電流とを重畳した場合を示している。

【図5】

本発明の実施の形態 2 に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成を示す模式的な断面図である。

【図 6】

本発明の実施の形態 3 に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成を示す模式的な断面図である。

【図 7】

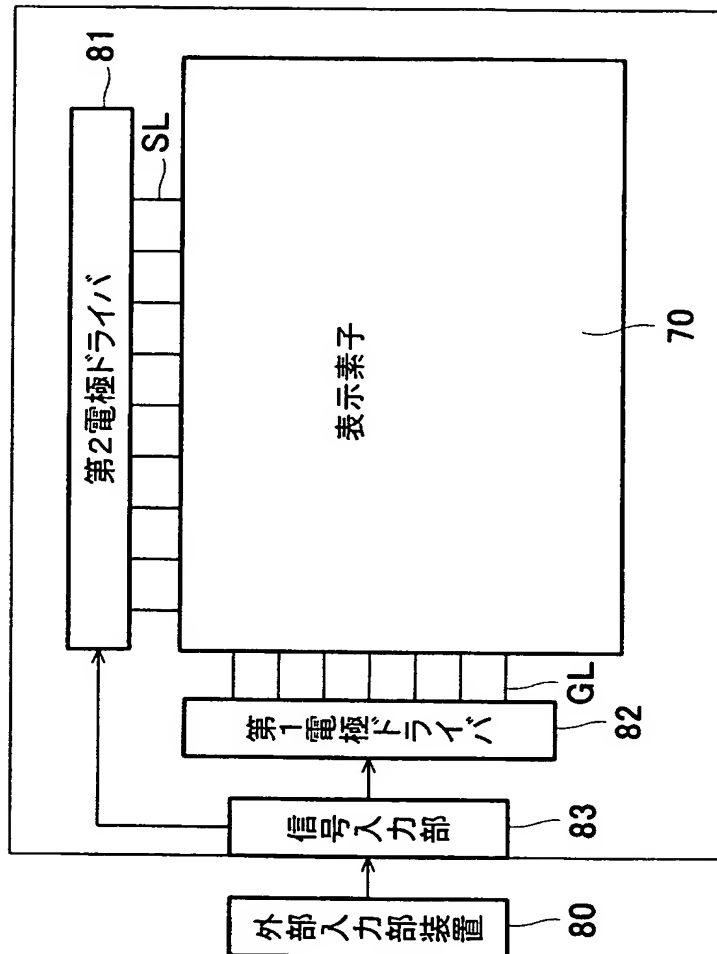
本発明の実施の形態 4 に係る表示装置の表示素子を構成する絵素の構成を示す模式的な断面図である。

【符号の説明】

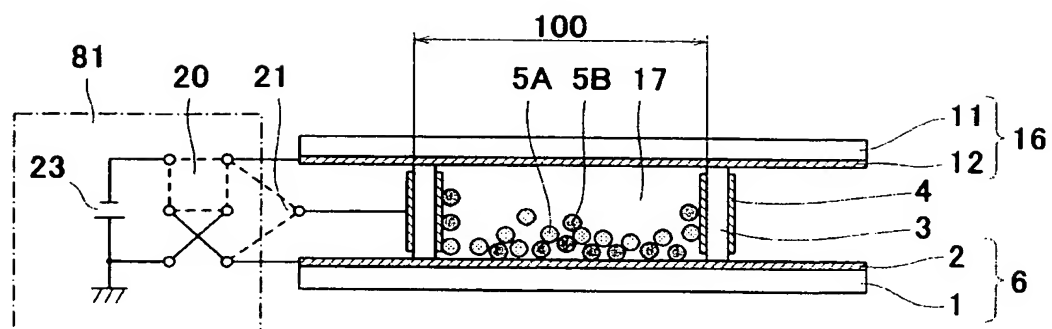
1, 1 1	透明樹脂基板
2	第 1 の電極
3	隔壁
4	第 3 の電極
5 A, 5 B	着色粒子
6, 6'	下側基板
1 0	絶縁層
1 2	第 2 の電極
1 5	絶縁層
1 6	上側基板
1 7	空間
2 0	着色基板

【書類名】 図面

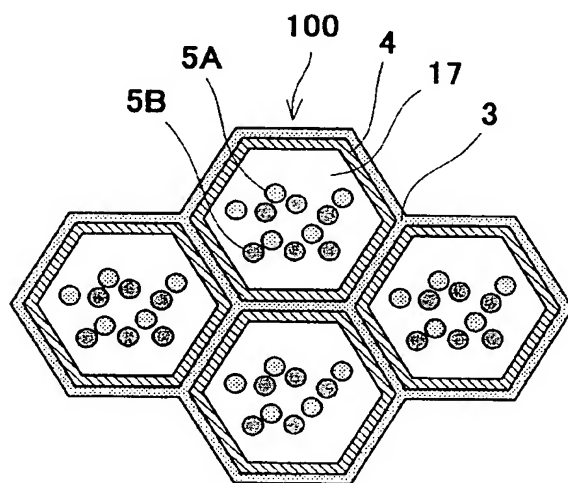
【図 1】



【図 2】

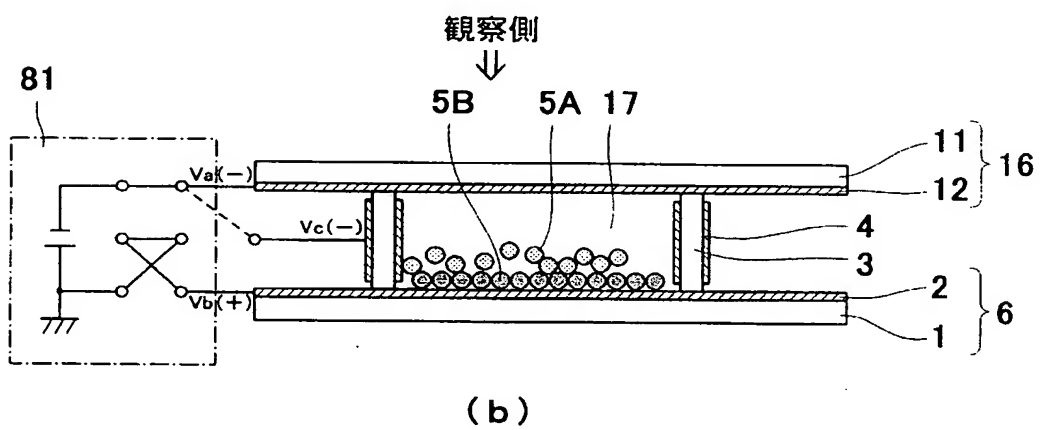
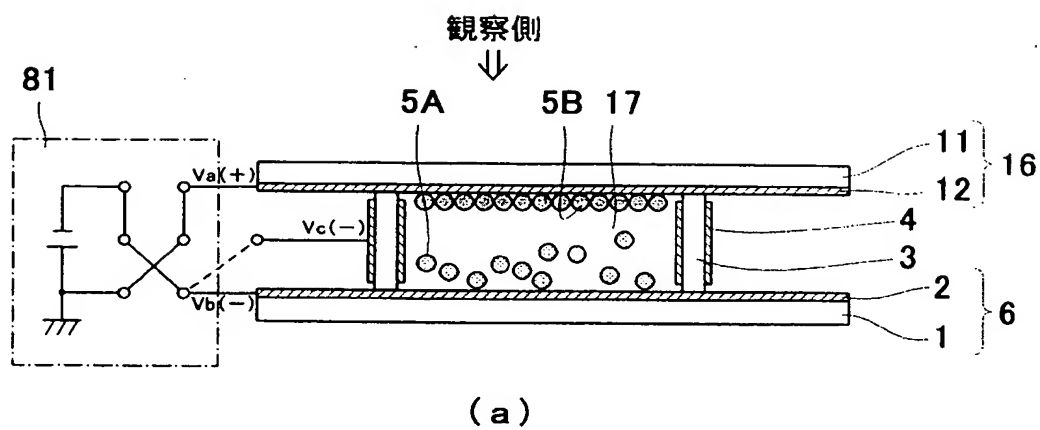


(a)

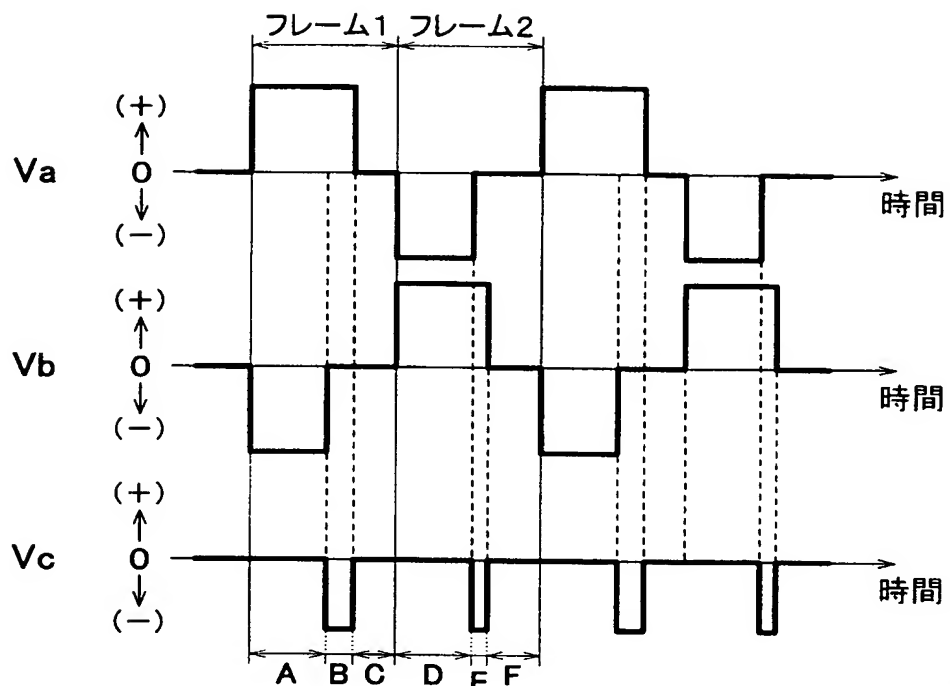


(b)

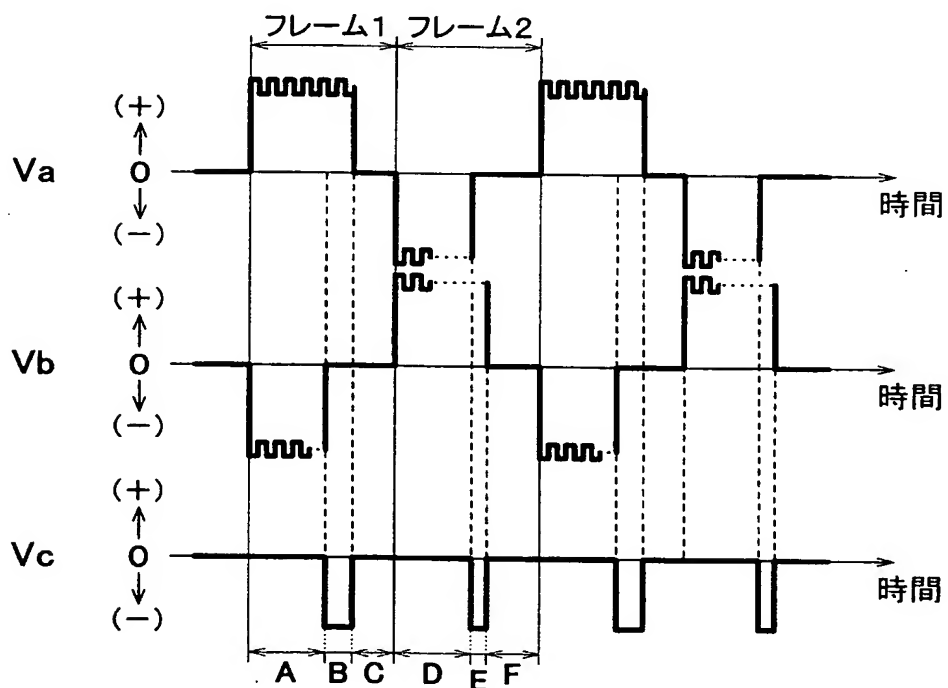
【図 3】



【図 4】

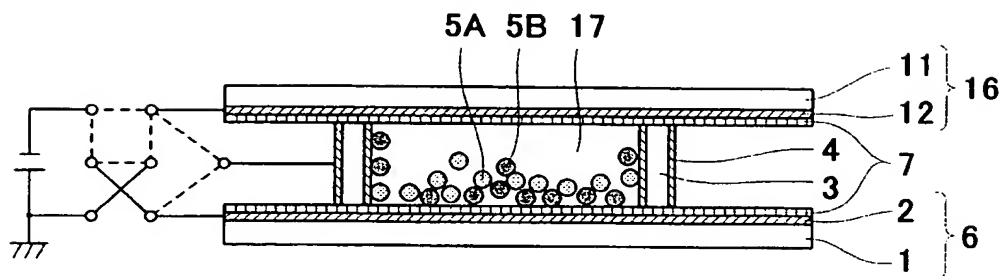


(a)

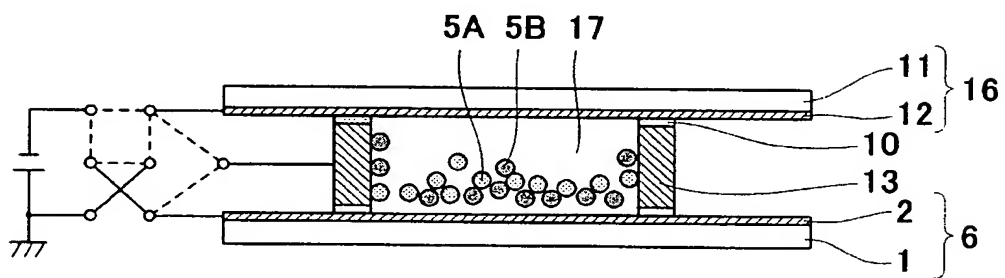


(b)

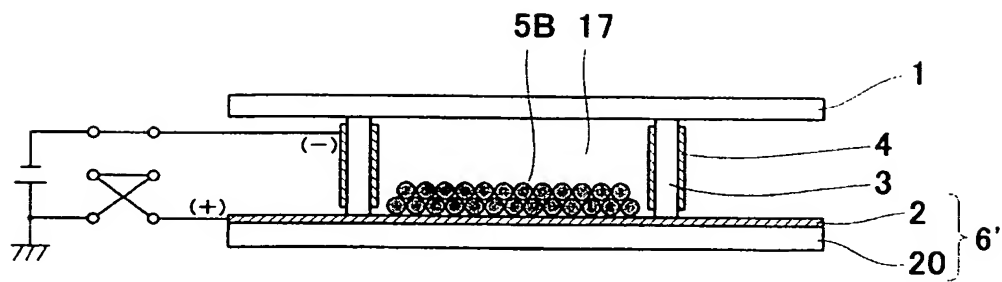
【図 5】



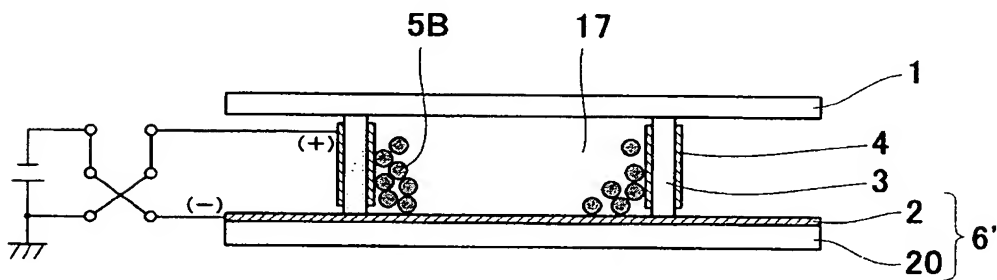
【図 6】



【図 7】



(a)



(b)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 表示ムラを防止するとともに動作電圧の低減化が図られた表示装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 第 1 の電極 2 を含む下側基板 6 と、第 2 の電極を含む上側基板 1 6 とが対向配置され、両基板 6, 1 6 の間の空間 1 7 が、隔壁 3 によって絵素 1 0 0 毎に区画されている。そして、該空間 1 7 に、負に帯電した黒色粒子 5 B と、無電荷の白色粒子 5 A とが封入されるとともに、各絵素の隔壁 3 に第 3 の電極 4 が配設されている。表示動作時には、画像信号に応じた信号電圧が第 1 及び第 2 の電極 2, 1 2 間に印加されて交番電界が発生し、それにより、黒色粒子 5 B が該電極間を移動する。また、隔壁 3 に付着した黒色粒子 5 B を除去するために、第 1 又は第 2 の電極 2, 1 2 と第 3 の電極 4 との間に電圧を印加して電界を発生させ、第 3 の電極 4 を黒色粒子 5 B と同極性とする。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-345679
受付番号	50201802235
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0093
作成日	平成14年11月29日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年11月28日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005821
【住所又は居所】	大阪府門真市大字門真1006番地
【氏名又は名称】	松下電器産業株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100065868
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 有古特許事務所
【氏名又は名称】	角田 嘉宏
【選任した代理人】	
【識別番号】	100088960
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 有古特許事務所
【氏名又は名称】	高石 ▲さとり▼
【選任した代理人】	
【識別番号】	100106242
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 有古特許事務所
【氏名又は名称】	古川 安航
【選任した代理人】	
【識別番号】	100110951
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 有古特許事務所
【氏名又は名称】	西谷 俊男
【選任した代理人】	
【識別番号】	100114834
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】 ル 3 階有古特許事務所
幅 慶司

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 4 5 6 7 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社